

ETUDE DE LA COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA CHAIR ET DES CO-PRODUITS DE LA CREVETTE ROYALE *PENAEUS KERATHURUS* DU NORD ET SUD DE LA TUNISIE

Zouhour LIMAM, S. SADOK et A. EL ABED

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 28 Rue 2 Mars 1934,
2025 Carthage Salammbô, Tunisie. Tel: +216-71735848; fax: +216-71732622
zlimam2002@yahoo.fr

ملخص

دراسة المحتويات البيوكيميائية للحم وفواضل الجمبري *Penaeus kerathurus* المستخرجة من الشمال والجنوب التونسي: تم القيام بدراسة المحتويات البيوكيميائية للحم وفواضل الجمبري (*Penaeus kerathurus*) (الرأس، الذيل والقشرة) فيما يخص البروتينات، الدهون، السكريات، المادة الجافة، الأحماض الدهنية و الأزوت القاعدي المتبخر الكامل. لقد تراوحت نسبة المادة الجافة بين 23.77 – 26.06%. كما ظلت نسبة الأزوت القاعدي المتبخر الكامل تحت المعدل المسموح 35مغ/100غ. أما في ما يخص الحامض الاميني الكامل السائب و الدهون لفواضل الجمبري لكنتي المجموعتين وجدت ارفع من الجزء الذي يستهلك. تمثل الأحماض الدهنية كثيرة عدم التشبع القسط الأكبر من الأحماض الدهنية الكاملة للحم و فواضل (*Penaeus kerathurus*) بالجهتين مصحوبة بالأحماض الدهنية المشبعة و الأحادية عدم التشبع من الأحماض الدهنية الأكثر تواجدا 16:0, C20:5n-3 (EPA), C22:6n-3 (DHA), C18:1n-9, C18:0, C16:1n-7, C20:4 et C18:1n7.(EPA),
الكلمات المفتاح: لحم، فواضل، الجمبري، المحتويات البيوكيميائية

RESUME

La comparaison de la composition biochimique de la chair et des déchets (têtes, queues et carapaces) de *Penaeus kerathurus* du nord et sud de la Tunisie a été réalisée (protéines totales, lipides totaux, matière sèche, composition en acides gras, azote basique volatil total (ABVT) et acides aminés totaux libres (AATL)). La matière sèche a varié entre 23,77 et 26,06%. Pour tous les échantillons les taux d'ABVT sont restés inférieurs aux seuils limites (20 mg /100g). Les teneurs en acides aminés totaux libres et des lipides des co-produits chez les deux lots de *Penaeus kerathurus* sont supérieures à celles de la partie consommable. Les acides gras polyinsaturés (AGPI) constituent la partie majeure des acides gras totaux des tissus et co-produits de *Penaeus kerathurus* des deux régions, suivie par les acides gras saturés (AGS) et monoinsaturés (AGMI). Les acides gras les plus fréquents sont C16:0, C20:5n-3 (EPA), C22:6n-3 (DHA), C18:1n-9, C18:0, C16:1n-7, C20:4 et C18:1n7.

Mots clés: Chair, Déchets, *Penaeus kerathurus*, composition biochimique

ABSTRACT

Biochemical composition of muscle and processing by-products of *Penaeus kerathurus* caught off the north and the south coasts of Tunisia: Biochemical composition of muscle and processing by-products (heads, shells and tails) of *Penaeus kerathurus* caught off the north and the south coasts of Tunisia was investigated (Total protein, total lipid, dry matter, fatty acids composition, total volatile basic nitrogen, free amino acids). Dry matter ranged from 23,77 to 26,06%. Total Volatile basic nitrogen (TVBN) of all samples was less than 20mg/100g which are thought to be the acceptable limit of marine products. The free amino acids amounts of the processing by-products from two regions were higher than the edible parts.

The percentage of polyunsaturated fatty acid was important in the tissues and by-products of both species from both regions. Thus, polyunsaturated fatty acids constitute the major fraction followed by saturated fatty acids and monounsaturated. The main fatty acids in both shrimp species muscle and by-products were C16:0, C20:5n-3, C22:6n-3, C18:1n-9, C18:0, C16:1, C20:4 and C18:1n-7.

Keywords: Muscle, By-products, *Penaeus kerathurus*, Biochemical composition

INTRODUCTION

Les crustacés présentent un intérêt commercial, nutritionnel et économique de grande valeur que ce soit à l'échelle nationale ou mondiale. En Tunisie, l'espèce *Penaeus kerathurus* est pêchée dans deux régions nord et sud, La région nord commence depuis la frontière algéro-tunisienne jusqu'à Ras Mustapha (Kélibia). La région sud représentée par le golfe de Gabès sous forme d'un large plateau continental,

débutant à Ras Kapudia et se terminant à la frontière libyenne. C'est dans cette région que sont localisées les plus importantes concentrations de la crevette royale *P. kerathurus*. C'est également de cette région que provient l'essentiel des débarquements de la crevette atteignant en moyenne 3000 tonnes/an et représentant près de 85% des mises à terre totales des crustacés pêchés en Tunisie, et uniquement 5% de la pêche démersale. Cette espèce occupe une place de choix dans l'économie avec une valeur commerciale

élevée et une production nationale annuelle de l'ordre de 1110 Tonnes (GIPP, 2009).

En Tunisie la valorisation des co-produits de la mer n'est encore qu'à son début, 6 entreprises seulement sur 45 valorisent leur écart de triage (Groupement interprofessionnel des produits de la pêche GIPP). Toutefois, compte tenu du développement technologique dans ce domaine d'une part et la diversification de l'alimentation d'autre part les produits issus de la valorisation des co-produits de la mer doit connaître durant les années à venir un développement certain aussi bien dans le domaine de l'agro-alimentaire que celui de la cosmétique ou autres.

Durant le processus de commercialisation des crustacés, la tête, la queue et la carapace sont généralement enlevées, constituant une biomasse non négligeable de l'ordre de 48 à 56 %. Cette fraction est hautement périssable causant un vrai problème environnemental surtout avec l'augmentation de la production mondiale de ces espèces (Bataille et Bataille, 1983; Tan et Lee, 2002).

En Tunisie, certains consommateurs préfèrent la crevette royale pêchée du nord, d'autres celle du sud. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de déterminer la composition biochimique de la partie comestible (chair) de *Penaeus kerathurus* et celle des déchets provenant du Sud (Golf de Gabés) et du Nord (Golf de Tunis) de la Tunisie afin de comparer la qualité nutritionnelle de cette espèce pêchée des deux différentes régions géographiques.

MATERIEL ET METHODES

1 - Matériel biologique :

Les échantillons de crevettes de l'espèce *Penaeus kerathurus* sont pêchés du nord (Golfe de Tunis) et du sud (Golfe de Gabès) de la Tunisie pendant la même période au milieu du mois d'octobre de l'année 2005, durant des campagnes de chalutage expérimental à bord du navire océanographique Hannibal. Ces échantillons sont décortiqués pour séparer la chair des co-produits. Les échantillons sont conservés à -40°C jusqu'au moment de l'analyse.

2 - Méthodes d'analyse

2-1 Détermination de l'humidité

Pour la détermination de l'humidité, 2 g d'échantillon ont été pesés pour déterminer le poids humide (ph), puis placés dans une étuve à une température de 90°C jusqu'à obtention d'une masse sèche (ps) constante (~48 h) (AOAC, 1990).

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(ph - ps)}{(ph)} \times 100$$

2-2 Détermination de la teneur en cendres

La teneur en matière minérale des échantillons est déterminée après calcination selon la méthode standard (AOAC, 1995). 1g d'échantillon sec est

placé dans un creuset en porcelaine préalablement pesé. Le creuset est mis dans un four à mufles à 600°C pendant 6 heures. Le creuset est refroidi à température ambiante à l'abri de l'humidité dans un dessiccateur. Le creuset est pesé contenant le résidu.

Le taux de cendres contenu dans l'échantillon se calcule de la manière suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{m_r}{m_i} \times 100$$

m_r : masse du résidu après calcination

m_i : Masse initiale de l'échantillon

La mesure de la différence entre le poids sec initial et le poids sec final permet de déduire la teneur en matière minérale de l'échantillon.

2-1 Dosage de l'azote basique volatile total (ABVT-N)

Le dosage de l'ABVT-N est effectué selon la méthode de Dhaouadi *et al* (2007). La chair ou les déchets de la crevette sont homogénéisés dans l'acide perchlorique et l'eau ultra pure avec un rapport (1/2), l'échantillon est centrifugé à 10000g à 4°C, ensuite analysé par un système en flux continu (NH_4^+ est utilisé comme standard).

2-2 Dosage des acides aminés totaux libres (AATL)

La teneur en acides aminés totaux libres se fait selon la méthode décrite par Sadok *et al* (1995). L'échantillon préalablement traité pour le dosage de l'ABVT, sera utilisé pour le dosage de l'AATL. A un volume de 0,1 ml d'échantillon, on ajoute 0,2 ml de ninhydrine et on chauffe dans l'eau bouillante pendant 10 min. On ajoute 0,4 ml HCl (2N) et on réchauffe durant 10 min à l'eau bouillante. L'échantillon est centrifugé puis analysé par le système en flux continu (L-Alanine a été utilisé comme standard).

2-3 Teneur en protéines totales

La détermination de la teneur en protéines totales est effectuée par la détermination de l'azote total par la méthode de Kjeldhal qui est une méthode officielle et standard (AOAC, 1995). 1 g de matière fraîche est introduit dans des tubes prévus à cette analyse. Une pastille de minéralisation et 15 mL d'acide sulfurique concentré sont ajoutés dans les tubes. Puis les tubes coiffés de leurs capteurs de fumée sont mis à chauffer progressivement jusqu'à 450°C. Lorsque la solution est devenue de couleur vert pâle (~90mn), la minéralisation est arrêtée. Après refroidissement des tubes, les capteurs de fumée sont rincés avec de l'eau distillée récupérée dans les tubes. Le contenu des tubes est installé dans une unité de distillation automatisée *Distillation and Titration unit UDK 152*.

Le taux de protéines brutes est déterminé en multipliant la quantité d'azote par le facteur 6,25

facteur utilisé pour la conversion de l'azote en protéine dans le muscle de poisson.

2-4 Teneur en lipides

Les lipides totaux ont été estimés selon la méthode de Folch *et al* (1957).

L'extraction des lipides a été réalisée par un mélange de chloroforme/méthanol/eau (2/1/0,8). L'extrait lipidique a été placé dans un tube à vis pré pesé, évaporé sous flux d'azote et les lipides totaux ont été estimés par la différence de poids du tube avant et après évaporation. Les extraits lipidiques des échantillons ont été repris dans un mélange toluène/éthanol (4v/1v), ce qui permet la conservation des lipides à basse température (-80°C) sans risque d'altération pendant plusieurs mois.

2- 5 Obtention des esters méthyliques

L'obtention des esters méthyliques d'acides gras est réalisée selon la méthode de Metcalfe et Schmitz (1966). Une partie de l'extrait lipidique est évaporée à sec dans un tube de méthylation auquel sont ajoutés 4ml de soude méthanolique 0,5N. Le mélange est incubé 15min dans un bain marie à 65 °C, après l'addition de 3ml de trifluorure de bore BF₃ 12%, les tubes sont incubés de nouveau pendant 5 min à 65°C. Le BF₃ sert de catalyseur à la réaction alors que le méthanol sert de donneur des groupements méthyles. Cette estérification a permis l'obtention d'esters méthyliques d'acides gras (EMAG) qui sont ensuite extraits à l'hexane pour être analysés par chromatographie en phase gazeuse.

2-6 Analyse des esters méthyliques des acides gras (EMAG) par chromatographie en phase gazeuse

Les acides gras ainsi méthylés, sont analysés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatographe de marque HP modèle 5990 équipé d'une colonne polaire INNOWAX (30m de longueur; 0,25mm de diamètre; épaisseur du film est de 0,25µm). La température du four a été développée en programmation de 160 à 250°C avec un gradient de 1 °C/min. La température de l'injecteur est de 220°C, celle du détecteur est de 250°C. Les pics du chromatogramme sont identifiés par comparaison avec le temps de rétention des pics des standards (SUPELCO), injectés dans les mêmes conditions.

Analyse statistique

L'analyse statistique est réalisée par le logiciel SPSS version 11.0. Les résultats de la composition biochimique sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA) avec un degré de confiance de l'ordre de 95 %. Le test de «Duncan» est utilisé pour la comparaison des moyennes.

RESULTATS ET DISCUSSION

1- Teneur en matière sèche

La matière sèche dans la chair et les co-produits de *Penaeus kerathurus* issus de la région nord est

respectivement de l'ordre de 23,77 % et 23,97 %. Celle de la chair de *Penaeus kerathurus* issue de la région sud est légèrement supérieure de l'ordre de 24,86% contre 26,06 % trouvés dans ses déchets (Tableau I).

2- Teneur en cendres

Les teneurs en cendres dans les co-produits de *Penaeus kerathurus* des deux régions sont nettement supérieures à celles de la chair (7,63 % dans les co-produits contre 1,74 % dans la chair pour la région nord et 8,68 % dans les co-produits contre 1,82 % dans la chair pour la région sud). Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Heu *et al.* (2003). Ceci peut être expliqué par le fait que les déchets surtout les carapaces des crustacés sont plus riches en matière minérale.

3- Teneur en lipides

Pour tous les échantillons, une différence significative de la teneur en lipides a été notée entre les chairs et les déchets des crustacés (Tableau 1). En effet, la teneur est très élevée dans les co-produits que dans la partie comestible. Des résultats similaires ont été reportés pour d'autres espèces telles que *Pandalus borealis* et *Trachypena curvirostris* (Heu *et al.*, 2003).

Cette étude a montré aussi une différence selon la région de pêche touchant *Penaeus kerathurus*, la teneur en lipides des chairs et co-produits issus de la région sud est supérieure à celle du nord de la Tunisie. Les co-produits des crevettes sont formés principalement des têtes qui représentent à peu près 33 % du poids de l'animal et sont par conséquent plus riches en matières grasses (Coward-Kelly *et al.* 2006).

Les co-produits de *P.kerathurus* issus de la région sud ont montré le plus haut pourcentage lipidique (3,15%) (P < 0,05).

3- Composition en acides gras

La composition en acides gras des chairs et co-produits de *Penaeus kerathurus* est mentionnée dans le tableau II.

Vingt deux différents acides gras ont été identifiés dans les échantillons analysés. Les acides gras polyinsaturés (AGPI) constituent la fraction majoritaire suivie par les acides gras saturés (AGS) et les acides gras monoinsaturés (AGMI). Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Lin *et al.* (2003) pour l'espèce des crevettes *Litopenaeus vannamei*.

Pour *Penaeus kerathurus* de la région nord et sud, les pourcentages des AGPI sont similaires dans les chairs et co-produits de crevette de deux régions et les valeurs varient de 32 à 38%. Dans ce groupe, les acides gras majeurs sont l'acide docosahexaénoïque (DHA) C22:6n-3 (6,89-16,1%), acide eicosapentaénoïque (EPA) C20:5n-3 (8,92 – 13,16%) et C20:4 (3,31 – 8,74%).

Pour *Penaeus kerathurus* issue de la région nord, la teneur en EPA est élevée par rapport à celle du DHA.

Tableau I: Composition biochimique des chairs et co-produits de *Penaeus kerathurus* issus du Nord et du Sud de la Tunisie.

<i>Penaeus kerathurus</i> de Tunisie				
	Région Nord		Région Sud	
	Chair	Co-produit	Chair	Co-produit
Matière sèche (%)	23,77±0,16	23,97±0,23	24,86±0,16	26,06±0,12
Cendres (%)	1,74±0,03	7,63±0,1	1,82±0,04	8,68±0,11
Protéines (g/100g)	18,8±0,41	12,78±0,26	19,92±0,96	13,1±0,44
Lipides (g/100g)	0,93±0,093	1,91±0,07	1,76±0,23	3,15±0,39

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions (n=4).

Le ratio AGPI/AGS calculé varie entre 1,09 à 1,1 et 1,09 à 1,42 correspondant respectivement aux chairs et déchets. Ces valeurs sont assez élevées par rapport au ratio minimal recommandé qui est de l'ordre de 0,45 (HMSO, 1994).

Pour tous les échantillons analysés, aucune différence significative n'a touché les acides gras saturés. Ces résultats coïncident avec ceux trouvés par Bragagnolo et Rodriguez-Amaya (2001) concernant les espèces *Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri* du Brésil.

4- Teneur en protéines

La composition biochimique de la chair et les co-produits de *Penaeus kerathurus* issus du nord et sud de la Tunisie est reportée dans le tableau I. Les protéines constituent la fraction majeure de la chair et des co-produits de *Penaeus kerathurus* indiquant que la crevette est une bonne source des acides aminés. Cette fraction se trouve plus élevée dans la partie consommable que la partie rejetée. En effet, la teneur en protéines dans la chair de *Penaeus kerathurus* nord et sud sont respectivement de l'ordre de 18,8±0,41 et 19,92±0,96 g/100g ne présentant pas de différence significative. Celle des co-produits est de 12,78±0,26 et de 13,1±0,44g/100g correspondant respectivement à la région nord et sud de la Tunisie. Les pourcentages de la teneur en protéines trouvés dans les chairs de *Penaeus kerathurus* sont comparables à ceux trouvés par Sriket *et al* (2007) pour les espèces *Penaeus monodon* et *Penaeus vannamei*. Les teneurs en protéines des sous-produits de *Penaeus kerathurus* sont légèrement plus élevées que celles trouvées par Heu *et al* (2003) concernant les espèces *Pandalus borealis* et *Trachypena curvirostris*.

La variation de la composition biochimique des crustacés est expliquée par plusieurs facteurs tels que l'alimentation, le stade de maturité et la saison (Karakoltsidis *et al.* 1995).

5- Teneur en Azote basique volatil total (ABVT)

La teneur en azote basique volatil total des différents échantillons est illustrée dans le tableau III. Les valeurs de l'ABVT dans les chairs et les co-produits de *Penaeus kerathurus* issus du nord de la Tunisie sont respectivement 10,33 mg/ 100g et 12,37 mg/100g. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles de la région sud qui sont de l'ordre de 1,31 mg/100g et 2,73 mg/100g pour les chairs et les co-produits. Cependant, pour tous les échantillons analysés les teneurs en ABVT sont inférieures aux seuils d'acceptabilité des produits de la mer qui est de l'ordre de 20 mg/100g (Park *et al.* 1996).

Les résultats trouvés concordent avec ceux trouvés par Heu *et al* (2003).

Les co-produits de *Penaeus kerathurus* peuvent être considérés comme des matrices biologiques acceptables pour leur utilisation en ce qui concerne sa qualité de fraîcheur.

6- Teneur en acides aminés totaux libres (AATL)

La teneur en acides aminés totaux libres AATL dans les co-produits est significativement supérieure à celle de la chair (Tableau III). Les acides aminés totaux libres font partie des composés azotés non protéiques les plus importants et qui influencent significativement la saveur des aliments (Sikorski *et al.* 1990). Les acides aminés totaux libres des chairs de *Penaeus kerathurus* issues de la région nord est de l'ordre de 282,76±16,74 µM/g contre 210,15±3,9 µM/g de la région sud. La composition en acides

Tableau II : Composition en acides gras des chairs et des co-produits de *Penaeus kerathurus* issus du Nord et du Sud de la Tunisie.

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions (n=4).

Acide gras	Nord <i>Penaeus kerathurus</i>		Sud <i>Penaeus kerathurus</i>	
	Chair	Co-produit	Chair	Co-produit
	%	%	%	%
<i>C14:0</i>	1,11±0,15	1,82±0,03	0,98±0,18	1,80±0,20
<i>C15:0</i>	1,60±0,18	1,73±0,07	0,89±0,04	0,98±0,10
<i>C16:0</i>	15,16±1,02	16,36±0,31	16,68±0,63	17,61±1,32
<i>C17:0</i>	2,33±0,03	1,88±0,03	1,34±0,13	1,04±0,09
<i>C18:0</i>	10,20±0,43	8,11±0,12	8,32±0,92	4,75±0,44
<i>C20:0</i>	-	-	-	-
<i>C21:0</i>	1,26±0,12	1,41±0,03	0,99±0,45	1,08±0,17
<i>C22:0</i>	-	-	-	-
AGS	31,66	31,31	29,2	27,26
<i>C14:1</i>	0,32±0,10	-	-	-
<i>C16:1</i>	5,58±0,43	6,36±0,15ab	5,14±0,41	6,44±0,71
<i>C18:1 w9</i>	10,64±0,50	9,82±0,13	11,12±0,54	17,46±1,39
<i>C18:1 w7</i>	2,88±0,02	3,94±0,08	2,88±0,12	4,45±0,28
<i>C20:1</i>	0,72±0,03	1,51±0,04	-	1,34±0,20
<i>C22:1</i>	2,12±0,18	2,11±0,07	1,11±0,17	1,46±0,28
AGMI	22,26	23,74	20,25	31,15
<i>C16:2</i>	0,43±0,03	0,66±0,03	-	0,33±0,04
<i>C18:2</i>	1,40±0,04	1,31±0,01	0,91±0,05	1,20±0,29
<i>C18:3</i>	-	0,36±0,01	-	0,69±0,13
<i>C20:2</i>	-	3,18±0,08	-	3,37±0,46
<i>C20:3</i>	0,58±0,29	1,18±0,01	-	1,58±0,18
<i>C20:4 w3</i>	7,57±0,42	6,65±0,03	4,81±0,82	3,31±0,26
<i>C20:5 w3</i>	13,06±0,82	10,60±0,06	12,03±0,83	12,15±0,77
<i>C22:6 w3</i>	11,75±1,53	10,29±0,03	14,54±0,56	16,10±4,73
AGPI	34,79	34,23	32,29	38,73
AGNI	11,29	10,72	18,22	2,86
AGPI/AGS	1,09	1,09	1,1	1,42

aminés totaux libres (AATL) des échantillons issus du nord est nettement supérieure à ceux du sud. Les valeurs obtenues pour les co-produits de *Penaeus kerathurus* du nord et sud du pays sont

respectivement de l'ordre de 374,84±19,29 µM/g et 263,26±11,71 µM/g. Les teneurs en acides aminés totaux libres trouvées dans les co-produits sont significativement supérieures à celles de la partie

Tableau III: Teneur en Azote basique volatil total (ABVT) et acides aminés totaux libres (AATL) dans les chairs et co-produits de *Penaeus kerathurus* issus du nord et sud de la Tunisie.

<i>Penaeus kerathurus</i>				
	Région Nord		Région Sud	
	chair	Co-produit	chair	Co-produit
Azote basique volatil total ABVT (mg/100g)	10,33±3,1	12,37±0,74	1,31±0,22	2,73±0,67
Acides aminés totaux libres AATL (µM/g)	282,76±16,74	374,84±19,29	210,15±3,9	263,26±11,71

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions (n=4).

comestible. Ces résultats plaident pour la valorisation des co-produits des crustacés puisqu'ils sont riches en acides aminés totaux libres reflétant une qualité nutritionnelle très intéressante. De même, la teneur en acides aminés totaux libres est considérée comme un indicateur de la qualité de plusieurs espèces de crustacés (Ruiz Capillas et Moral. 2001).

CONCLUSION

L'évaluation des résultats obtenus de la composition biochimique de la chair et des co-produits de l'espèce *Penaeus kerathurus* provenant des deux sites de pêche le nord et le sud de la Tunisie, a montré une richesse de cette espèce en protéines constituant la fraction majeure avec des différences non significatives. De même, les co-produits de cette espèce contiennent des teneurs élevées en lipides par rapport aux muscles. Par ailleurs, cette espèce est riche en acides aminés libres et en acides gras polyinsaturés de la famille des Omega 3 aussi bien dans la partie comestible que la partie des déchets et ceci pour les deux régions étudiées.

Ces résultats montrent qu'indépendamment des sites de pêche, la crevette royale *Penaeus kerathurus* présente une haute qualité nutritionnelle. Par ailleurs, les co-produits récupérés peuvent être exploités pour la production des produits à haute valeur ajoutée. Ils se caractérisent par une richesse en AGPI de la famille des oméga 3 essentiellement l'EPA et le DHA qui sont très bénéfiques pour la santé humaine et sont recherchés dans les industries pharmaceutiques. De même, ces co-produits sont riches en protéines et acides aminés libres donnant l'opportunité pour la production des hydrolysats protéiques pouvant être incorporés dans des formulations alimentaires puisqu'ils sont hautement digestibles et sont riches en acides aminés.

BIBLIOGRAPHIE

- AOAC. *Official Methods of Analysis*. 1990. 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, p 70.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*. 1995. Fatty Acid in Seafood, Official Method 937.26, Arlington, VA, p14.
- Bataille M.P., and Bataille P.F. 1983. Extraction of proteins from shrimp processing waste. *J. Chem. Technol. Biot.* 33, 203–208.
- Bragagnolo N., and Rodriguez-Amaya D.B. 2001. Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and wild marine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kryoeri*). *J. Food Compos. Anal.* 14, 359-369.
- Coward-Kelly G., Agbogbo F.K., and Holtzapple M.T. 2006. Lime treatment of shrimp head waste for the generation of highly digestible animal feed. *Biores. Technol.* 97,1515–1520.
- Dhaouadi A., Monser L., Sadok S., and Adhoum N. 2007. Validation of a flow-injection-gas diffusion method for total volatile basic nitrogen determination in seafood products. *Food Chem.* 103, 1049-1053.
- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Div. of Biochemistry, University of Minnesota, St. Paul, Minn.
- Folch J., Lees M., and Sloane-Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- GIPP. 2009. Statistiques du Groupement Interprofessionnel des produits de la pêche. Tunisie.
- Heu M-S., Kima J-S., and Shahidi F. 2003. Components and nutritional quality of shrimp

- processing by-products. Food chem. 82, 235-242.
- HMSO U.K. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No.46). London: HMSO.
- Karakoltsidis P.A., Zotos, A., and Constantinides, S.M. 1995. Composition of the commercially important Mediterranean finfish, crustaceans, and mollusks. J. Food Compos. Anal. 8, 258-273.
- Lin R.Y., Huang L.S., and Huang H.C. 2003. Characteristics of NADH-dependent lipid peroxidation in sarcoplasmic reticulum of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, and freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Comp. Biochem. Phys. 135B, 683-687.
- Metcalf L.D., Schimitz A.A., and Pelka J.R. 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. Ann. Chem. 38, 524-535.
- Park C.K., Kim W.J., Kim, K.S., and Park, J.N. 1996. Extractive nitrogenous constituents in commercial saenjeot, a salted and fermented shrimp (*Acetes japonicus*). Korean. J. Food Sci. Technol. 28, 1135-1141.
- Ruiz-Capillas C., and Moral A. 2001. Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index. Eur. Food Res. Technol. 212, 302-307.
- Sadok S., Uglow R.F., and Haswell S.J. 1995. Determination of ninhydrine positive substances in haemolymph and seawater. Analyst. 120, 2097-2099.
- Sikorski Z.E., Kolakowska A., and Pan B.S. 1990. The nutritive composition of the major groups of marine food organisms. In Z. E. Sikorski (Ed.), Seafood: resources, nutritional composition and preservation (pp. 29-54), Florida: CRC Press.
- Sriket P., Benjakul S., Visessanguan W., and Kijroongrojana K. 2007. Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. Food Chem, 103, 1199-1207.
- Tan E.W.Y., and Lee V.R. 2002. Enzymatic hydrolysis of prawn shell waste for the purification of chitin. Final report R&D project supervised by Hall GM. Department of chemical Engineering, Loughborough University, UK.